

平成29年度

機械設計技術者試験

1級 試験問題 II

第2時限 12:40～14:40 (120分)

4. 実技課題

Aグループ [4A-1] [4A-2] [4A-3]
[4A-4] [4A-5] [4A-6]

- ・ 6問中3問解答のこと。
- ・ 実用機械について重点を絞った出題

Bグループ [4B-1] [4B-2] [4B-3]

- ・ 3問中1問解答のこと。
- ・ 実用機械について総合的かつ詳細な問題

平成29年11月19日実施

主催：一般社団法人 日本機械設計工業会

〔4. 実技課題〕

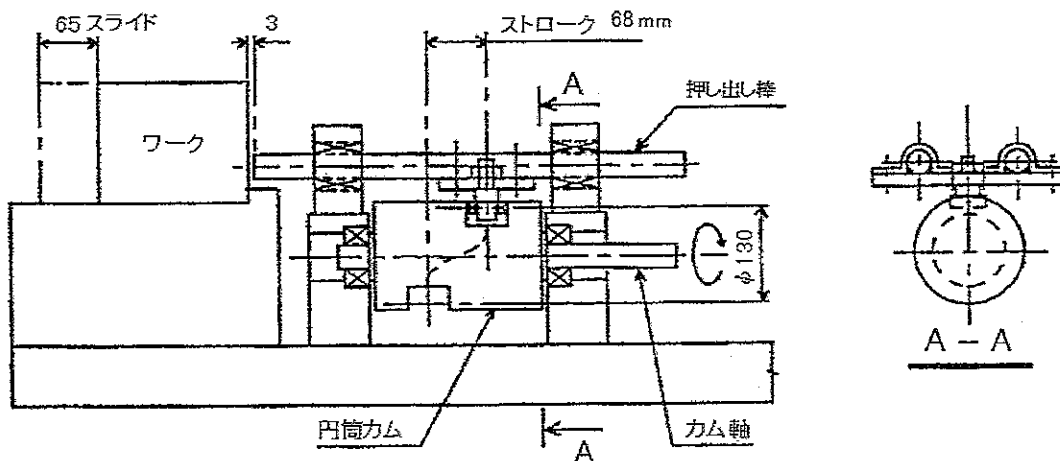
Aグループ

〔4A-1〕 下図は、質量 330 [kg] のワークを円筒カムにより押し出し棒で 65mm スライドさせる装置である。押し出し棒（従動節）は、下表に示す運動を行うものとして、下記設問（1）～（3）に答えよ。

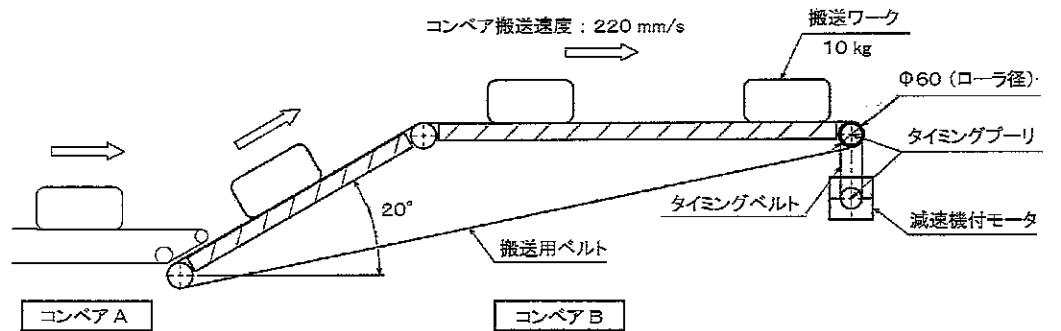
設問

- （1） この装置を製作するに際してワークが盤の滑り面を滑り出す角（摩擦角） θ_μ を事前に測定した。測定結果によるとその摩擦角 θ_μ は $\theta_\mu=16.5^\circ$ であった。この摩擦角よりワークと盤（すべり面）との静止摩擦係数 μ を求めよ。
 - （2） ワークを移動させるのに必要なワーク押し出し力 F [N] を求めよ。
 - （3） 円筒カム軸を回転させるのに必要なトルク T [N·cm] を求めよ。
- ただし、機械効率は無視する。また、円筒上の溝は、つる巻き線とする。
解答は、解答用紙の解答欄に計算式を明記して計算せよ。

カム	押し出し棒（従動節）	
0°～30°回転	休 止	0
30°～180°回転	等速運動	68mm 前進
180°～210°回転	休 止	0
210°～360°回転	等速運動	68mm 後退



〔4A-2〕 下図のようなコンベアAからコンベアBに移る搬送装置がある。ワークは等間隔で搬送され、コンベアBでは最大3個のワークが搬送される。コンベアBについての以下の設問 (1) ~ (3) に答えよ。



- ・ベルトと受けガイドの摩擦係数 : 0.3
- ・ベルトとローラの効率 : 0.9
- ・タイミングプーリの減速比 : 1 / 1
- ・モータの電源周波数 : 60 Hz

設問：

- (1) 減速機付モータ出力軸の回転速度 N [min^{-1}] を求めよ。
- (2) 減速機付モータ出力軸の必要トルク T [$\text{N}\cdot\text{m}$] を求めよ。
安全率は2とする。
- (3) モータ選定資料より、適切なモータの減速比を選定せよ。

設問 (1)、(2) の解答は、解答用紙の解答欄に計算式を明記して計算せよ。

設問 (3) の解答は、解答用紙の解答欄に選定理由と減速比を記述せよ。

〔モータ選定資料〕

減速機付モータ 仕様表

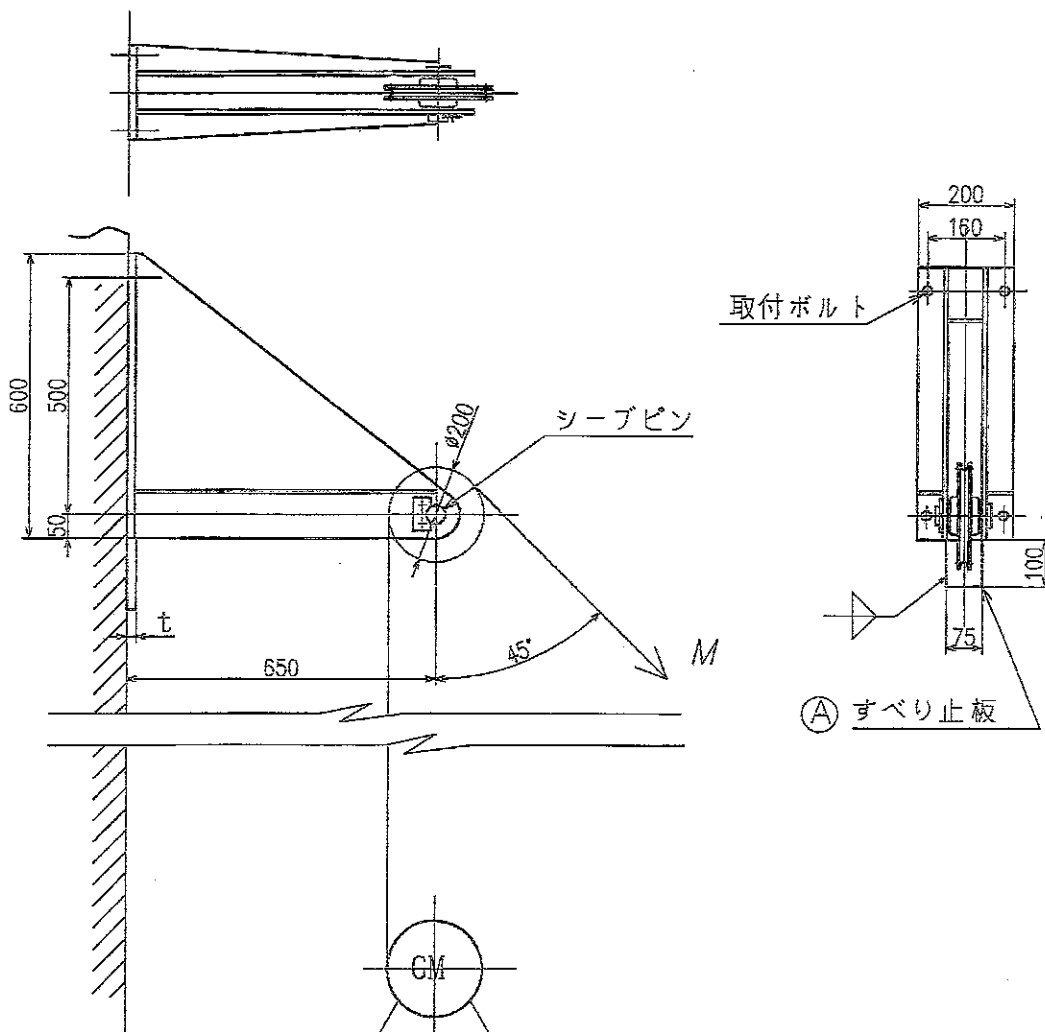
減速比		5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
回転速度 [min^{-1}]	50 Hz	300	200	150	100	75	60	50	37	30	25	20	15
	60 Hz	360	240	180	120	90	72	60	45	36	30	24	18
定格トルク [$\text{N}\cdot\text{m}$]	50 Hz	2.1	3.3	4.5	7.0	9.4	11.8	14.3	19.2	24.0	28.9	36.2	48.4
	60 Hz	1.6	3.0	4.2	6.4	8.7	10.9	13.2	17.7	22.2	26.7	33.4	44.7
起動トルク [$\text{N}\cdot\text{m}$]	50 Hz	2.7	4.2	5.7	8.8	11.8	14.8	17.9	24.0	30.0	36.1	45.2	60.4
	60 Hz	2.1	3.4	4.6	7.1	9.6	12.0	14.5	19.5	24.4	29.4	36.8	49.2
許容慣性モーメント [J : $\times 10^{-4} \text{kg}\cdot\text{m}^2$]		45	190	190	420	790	1100	1600	2800	4500	6000	8000	12000
	瞬時停止時	27.5	61.9	110	248	440	688	990	1760	2750	2750	2750	2750
許容ラジアル荷重 [N]	中空軸*	取付面から10 mm	1200									2200	
		取付面から20 mm	1100									2000	
許容アキシャル荷重 [N]		350											

※ 某モーターメーカーのカタログ
インダクションモータ KII Sシリーズ 100W より抜粋

〔4A-3〕 下図はロープシーブによる吊り上げ装置である。

質量 $M=1500\text{kg}$ として下記の設問に答えよ。

- (1) シーブピンに加わるせん断力を求め、ピン径を求めよ。
ただし、せん断許容応力は $10\text{kN}/\text{cm}^2$ とする。
- (2) シーブピンに加わる垂直力及び水平力を求めよ。
- (3) ①のすべり止板で垂直力を支えるものとし、ボルト1本に加わる最大張力を求めよ。
また、すべり板の溶接脚長を求め、すべり板の厚み t を求めよ。
ただし、溶接の許容応力は各自にて想定せよ。
- (4) ①のすべり止板は無く、壁面にボルトにて押し付ける場合の、ボルト1本の必要最大押付け力（ボルトの張力）を求めよ。
ただし、取付面の摩擦係数 $\mu=0.4$ とする。

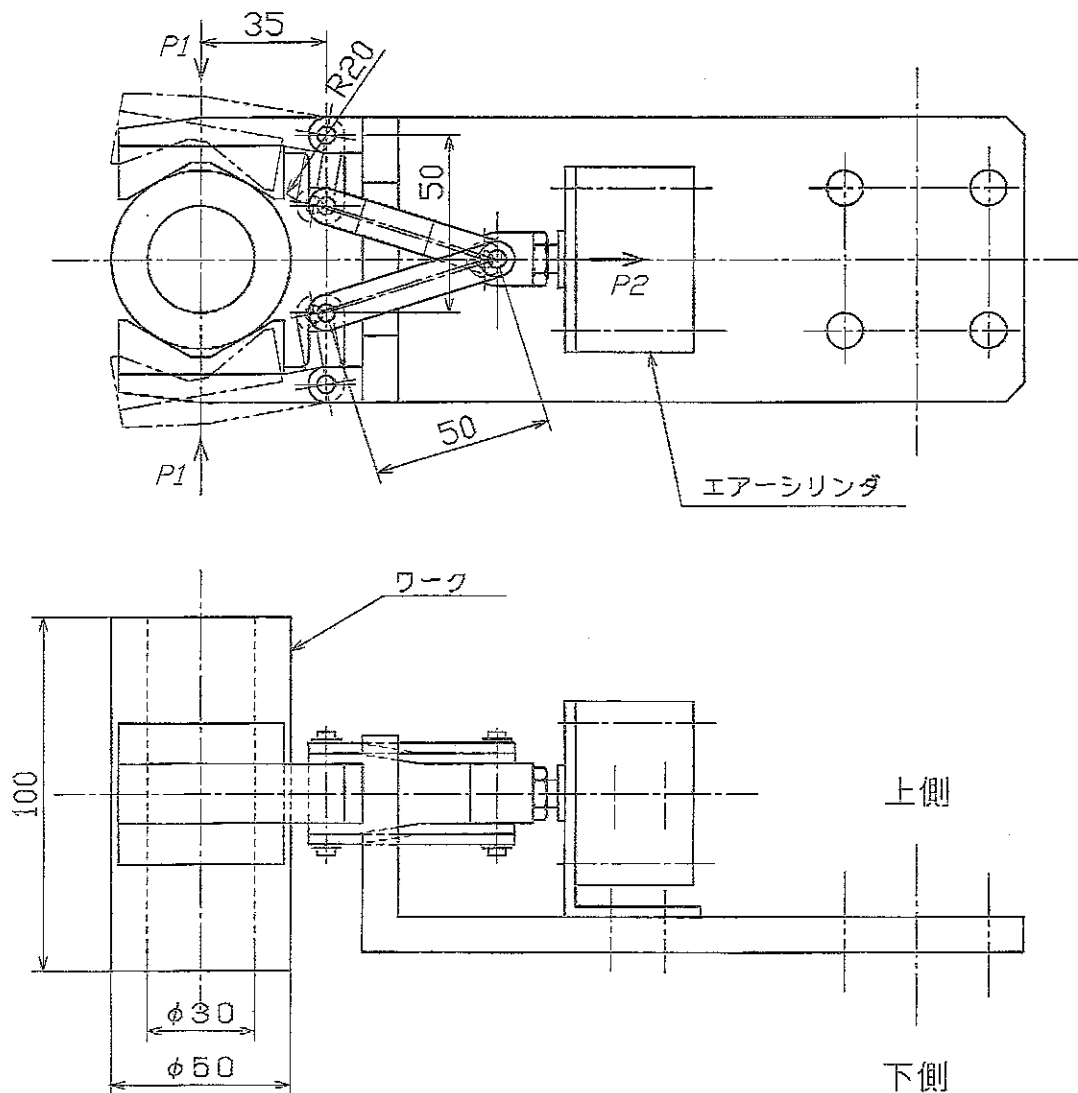


[4A-4] 下図は、垂直のワークをつかみ、持ち上げるエアージャックである。

次の設問に答えよ。

- (1) ワーク（材質 SS400）の質量を求めよ。
- (2) ワークと支持爪の摩擦係数を 0.3 として把持力 P_1 を求めよ。
- (3) 把持力 P_1 を発生させるためのエアシリンダの力 P_2 を求めよ。
- (4) エアシリンダ内径を求めよ。

ただし、ロッドは考慮しなくてよいが、力 P_2 の 1.5 倍で計算のこと。
 なお、エア圧力は 0.4MPa とする。



〔4A-5〕 下記は、圧力容器に関する設問である。

(1) 圧力容器とは、大気圧を超える圧力を保有する容器、圧力を発生する流体（気体、液体）を内蔵する容器、又は外圧を受ける容器のことである。

圧力容器の規制については、代表的には、第1種圧力容器、第2種圧力容器、等の区分がある。

下記の設問について、空欄に当てはまる数値を下記の〔数値群〕から選び、その番号を解答用紙の解答欄に記入せよ。（重複使用可）

1) 第1種圧力容器（小型圧力容器は除く）に係る主な定義

最高使用圧力【A】MPa（ゲージ圧力）以下で使用する容器

内容積が【B】 m^3 を超える容器

胴の内径が【C】mmを超え、その長さが【D】mmを超える容器

2) 第2種圧力容器に係る主な定義

最高使用圧力が【E】MPa（ゲージ圧力）以上の気体を内部に保有する容器

内容積が【F】 m^3 以上の容器

胴の内径が【G】mm以上で、かつ、その長さが【H】mm以上の容器

〔数値群〕

- ① 0.01 ② 0.02 ③ 0.03 ④ 0.04 ⑤ 0.1 ⑥ 0.2 ⑦ 0.3 ⑧ 0.4
 ⑨ 100 ⑩ 200 ⑪ 300 ⑫ 500 ⑬ 800 ⑭ 1000 ⑮ 1200

(2) 下図のような圧力容器のフランジ部において、ガスケットを挟んでふたをボルトにて固定するものとする。

内圧:0.8MPa(80N/cm²)とし、次の設問に答えよ。

1) このフランジ締付けのボルト本数を決めよ。

2) ふたに内部圧力として作用する荷重は、ガスケット平均直径 ϕD_m まで及ぶものとする、ボルト1本に加わる荷重(P_1)を求めよ。

3) 内部圧力を1.5倍とした場合の締付力(P_2)から、ボルト径を求めよ。

許容引張応力 $\sigma = 120$ MPaとする。

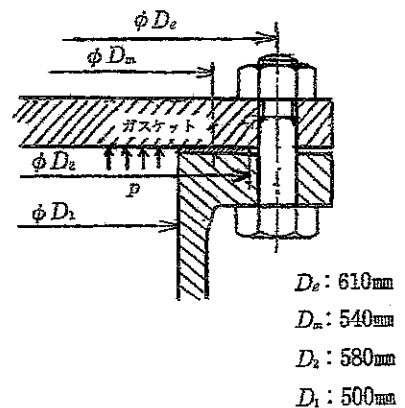
参考 ボルト呼び径（谷の径mm）

M10 (8.376) M12 (10.106) M16 (13.835) M20 (17.294)

4) ボルトの締付力(P_2)、ボルトの呼び径から、ねじを締付ける際に、腕の長さ350mmのスパナの端の加える力はいくらか求めよ。

なお、トルク係数(K)は0.2とする。

5) ガスケットに加わる平均面圧(σ_c)を求めよ。



[4A-6] 下記は、一般的な水槽と、高圧配管の設問である。

(1) 内径3m、水位6m可能な水槽がある。

セル鋼板は5mmを使用した溶接構造である。

鋼板に生ずる最大応力はいくらか計算せよ。

ただし、底板は考慮せず、板継手の溶接効率を70%とする。

(2) 蒸気を通す高温高圧配管の径、種類を下記の条件により求めよ。

流量 7000m³/h、

使用圧力 7MPa (700N/cm²)

平均流速 50m/s

許容引張応力 95N/mm²

参考 圧力容器規格 (外径基準による肉厚)

$$t = \frac{PD_o}{2\sigma_a\eta + 0.8P}$$

鋼管は下記の表から選べ

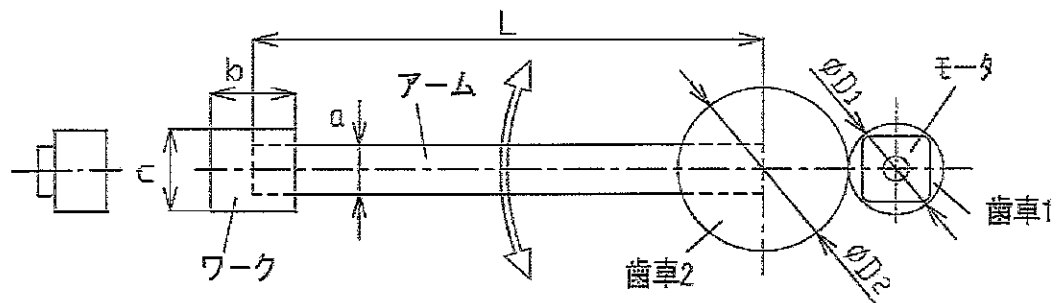
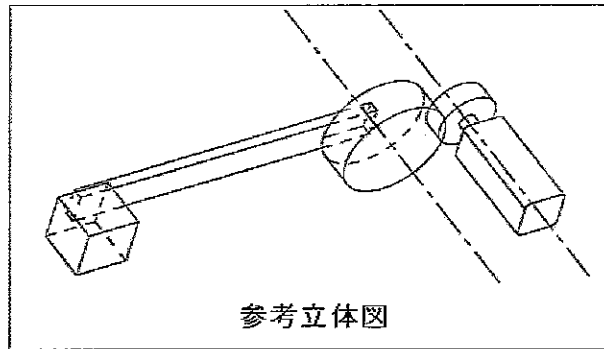
表: 鋼管の寸法・性能表

呼び径 A (B) 外径(mm)	SGP-厚さ ShNo-厚さ	内径 (mm)	断面積 [cm ²]		1 m/s の流量 [m ³ /hr]	単位 質量 [kg/m]	断面二次 モーメント I [cm ⁴]	断面係数 Z [cm ³]
			流棒	管材				
125 (5) 139.8	SGP-4.5	130.8	134	19.1	48.4	15.0	438	62.7
	40-6.6	126.6	126	27.6	45.3	21.7	614	87.8
	80-9.5	120.8	115	38.9	41.3	30.5	830	119
	160-15.9	108.0	91.6	61.9	33.0	48.6	1207	173
150 (6) 165.2	SGP-5.0	155.2	189	25.2	68.1	19.8	808	97.8
	40-7.1	151.0	179	35.3	64.5	27.7	1104	134
	80-11.0	143.2	161	53.3	58.0	41.8	1592	193
	160-18.2	128.8	130	84.1	46.9	66.0	2305	279
200 (8) 216.3	SGP-5.8	204.7	329	38.4	118	30.1	2126	197
	40-8.2	199.9	314	53.6	113	42.1	2906	269
	80-12.7	190.9	286	81.2	103	63.8	4226	391
	160-23.0	170.3	228	140	82.0	110	6616	612
250 (10) 267.4	SGP-6.6	254.2	508	54.1	183	42.4	4600	344
	40-9.3	248.8	486	75.4	175	59.2	6287	470
	80-15.1	237.2	442	120	159	93.9	9557	715
	160-28.6	210.2	347	215	125	168	15514	1160
300 (12) 318.5	SGP-6.9	304.7	729	67.5	263	53.0	8202	515
	40-10.3	297.9	697	99.7	251	78.3	11854	744
	80-17.4	283.7	632	165	228	129	18715	1175
	160-33.3	251.9	498	298	179	234	30749	1931

[4. 実技課題]

Bグループ

[4B-1] 下図のように、モータ直結された歯車1と従動歯車2がある。モータの回転軸は地面に対して水平に取り付いている。従動歯車2とアームは結合されており、モータが回転すると、アームは歯車2の中心を軸として円弧を描くように揺動する。アームの先端にはワークが固定されている。この装置についての下記の設問(1)～(4)に答えよ。



図

[記号の説明]

歯車1の直径	$D_1 : 30$ [mm]	ワーク長さ	$b : 50$ [mm]
歯車1の質量	$M_1 : 0.2$ [kg]	ワーク幅	$c : 100$ [mm]
歯車2の直径	$D_2 : 150$ [mm]	ワーク質量	$M_4 : 2.5$ [kg]
歯車2の質量	$M_2 : 3.0$ [kg]	重力加速度	$g : 980$ [cm/s ²]
アーム長さ	$L : 700$ [mm]		
アーム幅	$a : 30$ [mm]		
アームの質量	$M_3 : 1.5$ [kg]		

設問：

(1) モータのトルクを算出するために必要な下記部品①～④の慣性モーメント [kg・m²] を算出せよ。(慣性モーメントは、有効数字4桁まで求めること。)

- ① 歯車1 : J_1
- ② 歯車2 : J_2
- ③ アーム (歯車2の軸中心の慣性モーメント) : J_3
- ④ ワーク (歯車2の軸中心の慣性モーメント) : J_4

(2) アームが水平の状態に静止している時、モータに必要な静止トルク T_H [N・m] を求めよ。

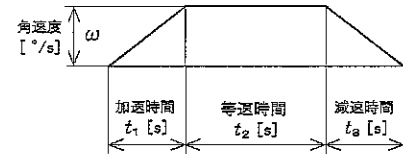
(3) アームが水平の状態から下記〔条件〕によりモータでアームを下方に回転させる時、モータの加速時に必要なトルク T_1 [N・m] とアームの移動角度 θ [°] を求めよ。

〔条件〕

加速（減速）時間 t_1 (t_3) : 0.04 [s]

等速時間 t_2 : 0.2 [s]

等速運転時のモータ回転速度 n_1 : 50 [min⁻¹]

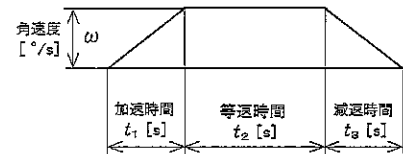


(4) アームが水平の状態から下記〔条件〕によりモータでアームを上方に回転させる時、モータの加速時に必要なトルク T_2 [N・m] を求めよ。

〔条件〕

加速（減速）時間 t_1 (t_3) : 0.05 [s]

等速運転時のモータ回転速度 n_2 : 30 [min⁻¹]



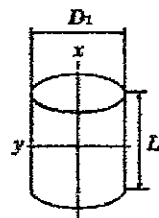
解答は、解答用紙の解答欄に計算式を明記して計算せよ。

〔参考計算式〕

1. 円柱の慣性モーメント

$$J_x = \frac{1}{8} \cdot m \cdot D_1^2 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$

$$J_y = \frac{1}{4} \cdot m \left(\frac{D_1^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right) \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$



〔図示以外の記号の説明〕

m : 質量 [kg]

J_x : x 軸に関する慣性モーメント [kg・m²]

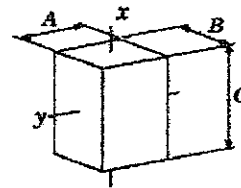
J_y : y 軸に関する慣性モーメント [kg・m²]

J_{x_0} : x_0 軸(重心を通る軸)に関する慣性モーメント [kg・m²]

2. 角柱の慣性モーメント

$$J_x = \frac{1}{12} \cdot m (A^2 + B^2) \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$

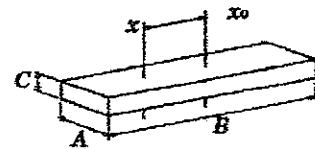
$$J_y = \frac{1}{12} \cdot m (B^2 + C^2) \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$



3. 重心を通らない軸に関する慣性モーメント

$$J_x = J_{x_0} + m \cdot l^2 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$

l : x 軸と x_0 軸の距離 [m]

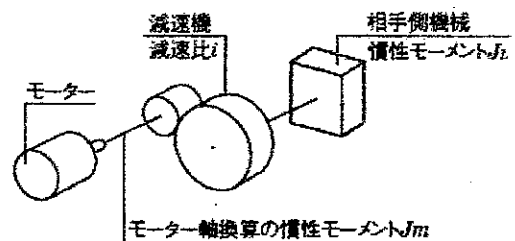


4. 減速機を介した場合のモータ軸慣性モーメントへの換算式

$$J_m = i^2 \cdot J_L \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$

ここで

$$i = \frac{\text{減速機回転速度}}{\text{モータ回転速度}}$$



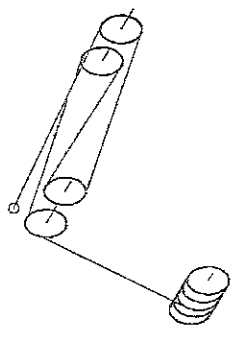
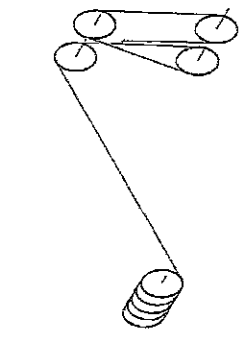
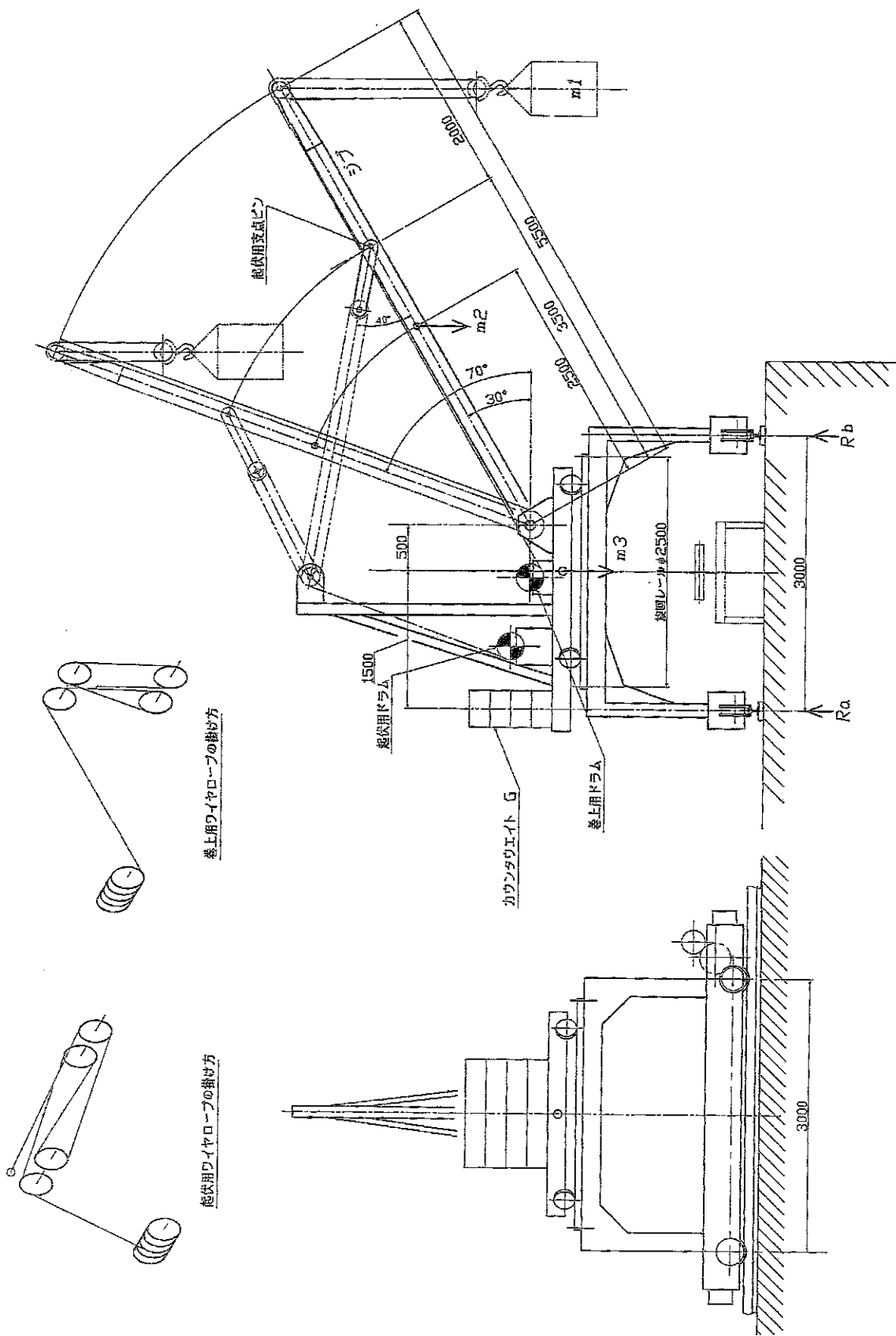
〔4B-2〕 図1に示すような、走行起伏ジブローダを計画したい。

主な仕様を次に示す。

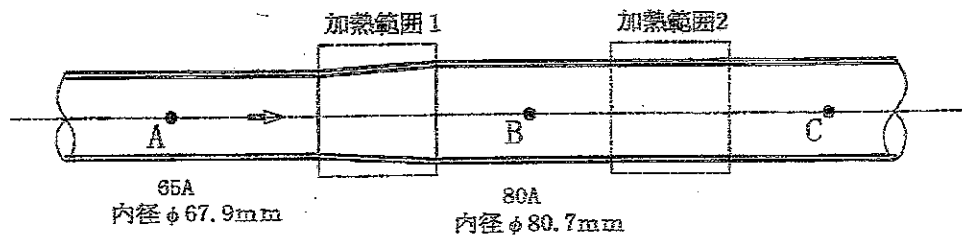
定格荷重（質量）	$m1$: 1000kg
機体質量	$m2$: 1500kg
	$m3$: 2000kg
巻上速度	6 m/min
起伏速度（先端）	5 m/min
旋回速度	0.15 rpm
電 源	220V 60Hz

下記の設問（1）～（7）に答えよ。

- （1） 巻上げ用ワイヤロープに加わる最大荷重を求めよ。
ただし、ロープ質量及びシーブ効率を考慮しなくてよい。
- （2） 起伏用ワイヤロープに加わる最大荷重を求めよ。
ただし、ロープ質量及びシーブ効率を考慮しなくてよい。
- （3） 巻上げに要する電動機出力を求めよ。
ただし、機械効率は0.85とし、慣性は考慮しなくてよい。
- （4） 巻上げ用ドラム径を $\phi 500\text{mm}$ として、減速機の減速比を求めよ。
ただし、電動機の極数は4Pを使用するものとする。
- （5） ジブに加わる最大曲げモーメントを求めよ。
また、その個所に働く軸力も求めよ。
- （6） ジブが30度とき、反力 R_a 、 R_b が等分になるようカウンタウエイトGの質量を求めよ。
また、その結果の反力 R_a 、 R_b はいくらか求めよ
- （7） ジブが起伏70度とき、 R_a 、 R_b の反力を求めよ。



〔4B-3〕 高炉の送風設備をモデルにして、簡略化した空気輸送管について、以下の設問に答えよ。



- (1) 銅管内を空気が流れている。
 A点にて圧力 3.0×10^5 [Pa]、温度 20°C 、平均流速 15m/s であった。
 B点では、圧力 2.0×10^5 [Pa]、温度 30°C であった。B点での密度および平均流速を求めよ。但し、空気は理想気体であるとする。
- (2) C点で、圧力が 1.0×10^5 [Pa]、平均流速が 27.5m/s になったとすれば、C点での空気温度および密度はいくらか。但し、外部への熱損失はないものとする。
- (3) B点からC点の間で温度が下がらないようにする為には、外部から何 W の熱量を加えればよいか、計算せよ。

必要に応じて下記を参考とせよ。

[定常流のエネルギー式]

管路内の流体が定常状態の時、質量流量 $\rho Av = \text{一定}$ であるから、断面1と断面2について、次の全エネルギー収支式が成り立つ。

$$gZ_1 + \frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho_1} + e_1 + w_s + q_s = gZ_2 + \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho_2} + e_2$$

$$gZ \quad \text{位置エネルギー} \quad [\text{J/kg}] \qquad \frac{v^2}{2} \quad \text{運動エネルギー} \quad [\text{J/kg}]$$

$$\frac{p}{\rho} \quad \text{圧力エネルギー} \quad [\text{J/kg}] \qquad e \quad \text{内部エネルギー} \quad [\text{J/kg}]$$

$$w_s \quad \text{単位質量当たりの外部仕事} \quad w_s = W_s / (\rho Av) \quad [\text{J/kg}]$$

$$q_s \quad \text{単位質量当たりの外部熱量} \quad q_s = Q_s / (\rho Av) \quad [\text{J/kg}]$$

ここで、

$$g \quad \text{重力加速度} \quad 9.8\text{m/s}^2 \qquad v \quad \text{管内平均流速} \quad [\text{m/s}]$$

$$Z \quad \text{基準面からの高さ} \quad [\text{m}] \qquad p \quad \text{静圧} \quad [\text{Pa}]$$

$$\rho \quad \text{密度} \quad [\text{kg/m}^3] \quad \{1 \text{ 気圧 (101.3kPa)、} 20^\circ\text{C} \text{ にて } 1.2083\text{kg/m}^3\}$$